



Docket No.: 392.1681/ JDH

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:

Atsushi WATANABE, et al.

Group Art Unit: To Be Assigned

Serial No.: 09/546,392

Examiner: To Be Assigned

Filed: April 10, 2000

For: ROBOT SYSTEM HAVING IMAGE PROCESSING FUNCTION

**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIOR FOREIGN
APPLICATION IN ACCORDANCE
WITH THE REQUIREMENTS OF 37 C.F.R. § 1.55**

*Assistant Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231*

Sir:

In accordance with the provisions of 37 C.F.R. § 1.55, Applicants submit herewith a certified copy of each of the following foreign application:

Japanese Appln. No. 101891, filed April 8, 1999.

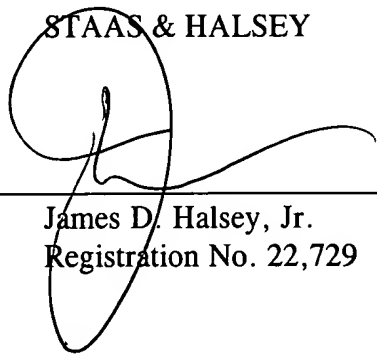
It is respectfully requested that Applicants be given the benefit of the earlier foreign filing date, as evidenced by the certified papers attached hereto, in accordance with the requirements of 35 U.S.C. § 119.

Respectfully submitted,

STAAS & HALSEY

Dated: 6/8/02

By:


James D. Halsey, Jr.
Registration No. 22,729

700 Eleventh Street, N.W.
Suite 500
Washington, D.C. 20001
(202) 434-1500

日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application:

1999年 4月 8日

出 願 番 号
Application Number:

平成11年特許願第101891号

出 願 人
Applicant (s):

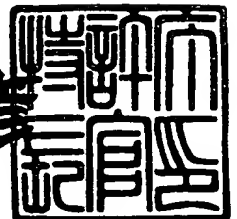
ファナック株式会社



2000年 4月21日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

近 藤 隆 彦



出証番号 出証特2000-3029377

【書類名】 特許願

【整理番号】 P20057

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 B25J 19/04

【発明者】

【住所又は居所】 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5 8 0 番地 ファ
ナック株式会社 内

【氏名】 渡辺 淳

【発明者】

【住所又は居所】 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5 8 0 番地 ファ
ナック株式会社 内

【氏名】 有松 太郎

【特許出願人】

【識別番号】 390008235

【氏名又は名称】 ファナック株式会社

【代表者】 稲葉 清右衛門

【代理人】

【識別番号】 100082304

【弁理士】

【氏名又は名称】 竹本 松司

【電話番号】 03-3502-2578

【選任した代理人】

【識別番号】 100088351

【弁理士】

【氏名又は名称】 杉山 秀雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100093425

【弁理士】

【氏名又は名称】 湯田 浩一

【選任した代理人】

【識別番号】 100102495

【弁理士】

【氏名又は名称】 魚住 高博

【選任した代理人】

【識別番号】 100101915

【弁理士】

【氏名又は名称】 塩野入 章夫

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 015473

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9306857

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 画像処理機能を持つロボット装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 対象物自体、又は対象物と同一形状の物体を基準対象物として、該基準対象物の画像データから複数の教示モデルを作り、対象物を含む画像データを第1のデータ取込みに手段により取込んで、前記教示モデルと前記対象物を含む画像データとのマッチングを行い、該マッチングに基づきロボットにより前記対象物に対する作業を行う画像処理機能を持つロボット装置において、

データ取込み手段により前記基準対象物の画像データを複数の方向から捕らえ、捕らえた方向毎に教示モデルを持ち、該教示モデルと前記方向の情報とを対応付けて記憶する手段と、

前記ロボットと前記対象物との相対方向の情報を教示モデルと対応付けて記憶する手段と、

前記対象物を含む画像データに対し、前記複数の教示モデルによってマッチングを行って、適合する教示モデルを選択する手段と、

前記画像データにおける前記対象物の位置情報又は姿勢情報を得る手段と、

前記位置情報又は前記姿勢情報、及び前記選択した教示モデルに対応付けられた方向の情報に基づいて、ロボットの作業方向、又は作業方向及び作業位置を求める手段とを備えたことを特徴とする画像処理機能を持つロボット装置。

【請求項 2】 対象物自体、又は対象物と同一形状の物体を基準対象物として、該基準対象物の画像データから教示モデルを作り、前記基準対象物と同一形状の対象物を含む画像データを第1のデータ取込みに手段により取込んで、前記教示モデルと前記対象物を含む画像データとのマッチングを行い、該マッチングに基づきロボットにより前記対象物に対する作業を行う画像処理機能を持つロボット装置において、

複数種類の対象物とそれぞれの種類に対応した複数の基準対象物に対して、該各基準対象物それぞれに教示モデルを作成し、作成した教示モデルと前記複数種類の対象物の種類情報とを対応付けて記憶する手段と、

前記ロボットと前記対象物との相対方向の情報と前記種類情報とを対応付けて

記憶する手段と、

前記複数種類の内の少なくとも 1 種類の対象物を含む画像データに対し、前記複数の教示モデルによってマッチングを行い、適合した対象物の視野内における位置情報又は姿勢情報を求める手段と、

前記マッチングに使用した教示モデルと対応付けて記憶された種類情報を求める手段と、

前記種類情報に対応付けて記憶された前記相対方向の情報を求める手段と、

前記視野内における位置情報又は姿勢情報、前記求めた種類情報、及び前記求めた相対方向の情報に基づいてロボットの作業方向、又は作業方向及び作業位置を求める手段とを備えたことを特徴とする画像処理機能を持つロボット装置。

【請求項 3】 求められたロボットの作業方向、又は作業方向及び作業位置に基づいて、第 2 のデータ取込み手段を前記対象物に対して前記作業方向に向ける、又は前記対象物に対する前記作業位置にて前記作業方向に向ける手段と、

第 2 のデータ取込み手段により第 2 の画像データを取り込み画像処理し、画像視野内における前記対象物の位置情報又は姿勢情報を得る手段とを備えたことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の画像処理機能を持つロボット装置。

【請求項 4】 求められたロボットの作業方向、又は作業方向と作業位置に基づいて、前記対象物の特徴部位の 3 次元位置を取得する第 2 のデータ取込み手段を前記対象物上の少なくとも 1 つの特徴部位に向ける手段と、

前記第 2 のデータ取込み手段により前記少なくとも 1 つの特徴部位の 3 次元位置を取得し、該取得した 3 次元位置から、前記対象物の 3 次元位置又は方向を求める手段とを備えたことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の画像処理機能を持つロボット装置。

【請求項 5】 第 2 のデータ取込み手段が第 1 のデータ取込み手段と共通であることを特徴とする請求項 3 又は請求項 4 に記載された画像処理機能を持つロボット装置。

【請求項 6】 第 2 のデータ取込み手段は、対象物との距離を測定できるスポット光走査型 3 次元視覚センサである請求項 3、請求項 4 又は請求項 5 に記載の画像処理機能を持つロボット装置。

【請求項 7】 データ取込み手段がカメラであり、特徴部位の 3 次元位置を検出するためのストラクチャライトを対象物に照射する手段を更に備えたことを特徴とする請求項 3，請求項 4 又は請求項 5 記載の画像処理機能を持つロボット装置。

【請求項 8】 重なり合った箇所のある複数の対象物から、対象物を少なくとも 1 つ取出すピッキング作業を行う請求項 4、請求項 5、請求項 6 又は請求項 7 に記載された画像処理機能を持つロボット装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、位置姿勢が未知な対象物の位置姿勢を検出する画像処理機能を持つロボット装置に関する。特に、乱雑に山積みされた同一形状のワークピースに対し、個々のワークピースの位置姿勢を検出しワークピースを 1 つ 1 つ取り出す作業のピンピッキング作業分野に適用される画像処理機能を持つロボット装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

同一形状のワークピースが乱雑に山積みされた中から、又は、所定領域内に 3 次元的に異なる任意の位置姿勢で収納されているワークピースの集合から個々のワークピースを取出す作業は人手によって行われている。ロボットを使用してワークピースを他パレット等の他のものに収納したり、機械や装置等の所定位置に搬送するような場合においても、乱雑に山積みされたワークピースから 1 つ 1 つをロボットが直接ワークピースを取り出すことができないことから、予めロボットで取り出せるようにワークピースを整列させておく必要がある。そのため、山積みされたワークピースから人手によって 1 つ 1 つ取り出し整列配置する必要がある。

【0 0 0 3】

【発明が解決しようとする課題】

同一形状のワークピースが山積みの中から、又は多数のワークピースが所定領

域内に任意の位置姿勢で収納されている中から個々のワークピースをロボットで取り出すことができない理由は、山積みされたワークピースの位置姿勢を把握できないことから、ロボットを個々のワークピースを把持できる位置姿勢に制御することができないことに起因する。

【0004】

そこで、本発明の課題は、山積みされ若しくは所定領域内に3次元的に異なる任意の位置姿勢で収納されている対象物（ワークピース）に対して、その位置姿勢を正確に検出することができ、又作業方向、作業位置を求めることができる画像処理機能を持つロボット装置を得ることにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】

本願請求項1に係わる発明は、基準対象物の画像データから複数の教示モデルを作り、前記基準対象物と同一形状の対象物を含む画像データを第1のデータ取込みに手段により取込んで、前記教示モデルと前記対象物を含む画像データとのマッチングを行い、該マッチングに基づきロボットにより前記対象物に対する作業を行う画像処理機能を持つロボット装置において、データ取込み手段により前記基準対象物の画像データを複数の方向から捕らえ、捕らえた方向毎に教示モデルを持ち、該教示モデルと前記方向の情報とを対応付けて記憶する手段と、前記ロボットと前記対象物との相対方向の情報を教示モデルと対応付けて記憶する手段と、前記対象物を含む画像データに対し、前記複数の教示モデルによってマッチングを行って、適合する教示モデルを選択する手段と、前記画像データにおける前記対象物の位置情報又は姿勢情報を得る手段と、前記位置情報又は前記姿勢情報、及び前記選択した教示モデルに対応付けられた方向の情報に基づいて、ロボットの作業方向、又は作業方向及び作業位置を求める手段とを備え、ロボット作業方向位置を求めることができるようにしたものである。

【0006】

請求項2に係わる発明は、同様な画像処理機能を持つロボット装置において、複数種類の対象物とそれぞれの種類に対応した複数の基準対象物に対して、該各基準対象物それぞれに教示モデルを作成し、作成した教示モデルと前記複数種類

•

—

、請求項7に係わる発明は、第2のデータ取込み手段がカメラであり、特徴部位の3次元位置を検出するためのストラクチャライトを対象物に照射する手段を備えしものとした。

【0010】

又、請求項8に係わる発明は、この画像処理機能を備えるロボット装置によって、重なり合った箇所のある複数の対象物から、対象物を少なくとも1つ取出すピッキング作業を行うピッキングロボットを構成したものである。

【0011】

【発明の実施の形態】

本発明の一実施形態を以下説明する。本実施形態では、図1に示すように、認識対象物である同一形状のワークピースWが多数山積みされている状態で、この山をロボット手首先端に取り付けられたCCDカメラ等の画像データを取込むデータ取込み手段である2次元視覚センサ21にて撮像し、撮像された画像に基づいて、ロボットの作業方向、若しくは作業方向及び作業位置ヲも止めるようにしたものである。さらには、この2次元視覚センサ21にて撮像した画像データに基づいて個々のワークピースWの大まかな位置姿勢を検出し、作業方向を決めて2次元視覚センサ若しくは3次元視覚センサ22でワークピースの位置姿勢を正確に検出するものである。そのために、予め取り出そうとするワークピースWに対して、カメラで複数の方向から撮像し、この撮像で得られた2次元画像から教示モデルを生成して記憶しておき、ワークピースWの山を撮像しその画像に対して教示モデルとマッチング処理を行い、適合した教示モデルに基づいて各ワークピースの位置姿勢を求めるようにしたものである。

【0012】

図3は、本実施形態におけるロボットRBの制御装置の要部ブロック図であり、従来のロボット制御装置と同一構成である。符号8で示されるバスに、メインプロセッサ（以下単にプロセッサという。）1、RAM、ROM、不揮発性メモリ（EEPROMなど）からなるメモリ2、教示操作盤用インターフェイス3、外部装置用のインターフェイス6、画像処理装置との通信インターフェイス7及びサーボ制御部5が接続されている。又、教示操作盤用インターフェイス3には

教示操作盤 4 が接続されている。

【 0 0 1 3 】

ロボット及びロボット制御装置の基本機能をささえるシステムプログラムは、メモリ 2 の ROM に格納されている。又、アプリケーションに応じて教示されるロボットの動作プログラム並びに関連設定データは、メモリ 2 の不揮発性メモリに格納される。そして、メモリ 2 の RAM は、プロセッサ 1 が行う各種演算処理におけるデータの一時記憶の記憶領域として使用される。

【 0 0 1 4 】

サーボ制御部 5 は、サーボ制御器 5 a1 ~ 5 a n (n : ロボットの総軸数にロボット手首に取り付けるツールの可動軸数を加算した数) を備えており、プロセッサ、ROM、RAM 等で構成され、各軸を駆動するサーボモータの位置・速度のループ制御、さらには電流ループ制御を行っている。いわゆる、ソフトウェアで位置、速度、電流のループ制御を行うデジタルサーボ制御器を構成している。サーボ制御器 5 a1 ~ 5 a n の出力は各サーボアンプ 5 b1 ~ 5 b n を介して各軸サーボモータ M 1 ~ M n を駆動制御する。なお、図示はしていないが、各サーボモータ M 1 ~ M n には位置・速度検出器が取り付けられており、該位置・速度検出器で検出した各サーボモータの位置、速度は各サーボ制御器 5 a1 ~ 5 a n にフィードバックされるようになっている。又、入出力インターフェイス 6 には、ロボットに設けられたセンサや周辺機器のアクチュエータやセンサが接続されている。

【 0 0 1 5 】

図 4 は、ロボット制御装置のインターフェイスに接続される画像処理装置 3 0 のブロック図である。プロセッサ 3 1 を備え、該プロセッサ 3 1 にはバス 4 2 を介してこのプロセッサ 3 1 が実行するシステムプログラム等を記憶する ROM 3 2、画像処理プロセッサ 3 3、第 1 のデータ取り込み手段としての第 1 の視覚センサの CCD カメラ 2 1 に接続されたカメラインターフェイス 3 4、第 2 のデータ取り込み手段としての第 2 の視覚センサである 3 次元視覚センサ 2 2 に接続された 3 次元センサインターフェイス 3 5、各種指令やデータを入出力するための CRT や液晶等の表示手段付 M D I 3 6、フレームメモリ 3 7、不揮発性メモリ 3 8、データの一時記憶等に利用される RAM 3 9、ロボット制御装置に接続さ

れた通信インターフェイス 40、コンソール 43 が接続されるコンソールインターフェイス 41 が接続されている。CCD カメラ 21 で撮像された画像は、グレイスケールによる濃淡画像に変換されてフレームメモリ 37 に格納される。画像処理プロセッサ 33 は、フレームメモリ 37 に格納された画像をプロセッサ 31 の指令により画像処理して対象物を認識する。この画像処理装置 30 の構成、作用は従来の画像処理装置と同一であり差異はないが、本発明に関連し、不揮発性メモリ 38 に後述する教示モデルが記憶されること、及びこの教示モデルを用いてカメラ 21 で撮像したワークピースの山の画像に対してパターンマッチング処理を行い、ワークピースの位置姿勢を求め、ロボットの作業方向、さらには作業方向と位置を求めるようにした点。さらに、この求められたワークピースの位置姿勢に基づいて 3 次元視覚センサ 22 で位置姿勢を測定するアプローチ方向を定め、該 3 次元視覚センサ 22 でワークピースの位置姿勢を精度よく検出する点が相違する。

【0016】

2 次元画像を得る CCD カメラ 21 はすでに周知慣用であるので、具体的な説明は省略する。また、3 次元位置を検出する 3 次元視覚センサ 22 としては、ストラクチャライト（スリット光）を対象物に照射して対象物の 3 次元位置姿勢、形状を検出するものが公知であり、すでに各種分野で使用されており、本願発明においても 3 次元視覚センサ 22 として、このタイプのセンサを使用してもよい。さらに、特開平 7-270137 号公報に記載されたスポット光走査型 3 次元視覚センサを用いてもよい。簡単にこの 3 次元視覚センサについて述べる。

【0017】

この視覚センサは、2 台のスキャナによって任意の方向（X 方向、Y 方向）にスポット状の光を照射して対象物上に照射された光ビームを、位置検出型の検出器（PSD）で測定することによって光ビームの位置を計測するものである。2 台のスキャナのミラーの偏向角度 θ_x 、 θ_y と PSD 上の受光位置からビームが照射された対象物の 3 次元位置から計算して求められるものである。

【0018】

この 3 次元視覚センサを用いて、画像データとして、距離データを要素とする

2次元配列データを得る方法について、図8から図10を参照しながら簡単に説明する。

【0019】

対象物に対する走査範囲（計測範囲）が予め決められており、スキャナのミラーの偏向角度 θ_x 、 θ_y をディスクリットに制御して、図8に示すように、この走査範囲のX、Y平面における点（1，1）から点（1，n）、点（2，1）から点（2，n）、・・・点（m，1）から点（m，n）と走査して各点における3次元位置を測定し、各点（i，j）におけるこのセンサとビームが照射された点の対象物間の距離 $Z(i, j)$ を求め、画像処理装置30のRAM38に格納する。こうして、画像データを、図9に示すようなセンサと対象物に照射されたビームの点間の距離データ $Z(i, j)$ を要素とする2次元配列データとして得る。

【0020】

図10は、この画像データを得るための画像処理装置30のプロセッサ31が実行する処理のフローチャートである。

まず、指標 i 、 j を「1」にセットし（ステップ300）、予め決められた計測範囲の始点 y_1 、 x_1 （図8における点（1，1））に対応するミラーの偏向角度 θ_x 、 θ_y をセンサ20に送出し照射指令を出力する（ステップ301～303）、センサ20は、ミラーをこの偏向角度に設定し、光ビームを照射する。そしてPSDで得られた信号を画像処理装置30に出力する。画像処理装置30のプロセッサ31は、このPSDからの信号と指令したミラーの偏向角度 θ_x 、 θ_y より、対象物に照射されたビームの位置を計算し、このセンサとこのビームが照射された位置との距離 $Z(i, j)$ を計算し、この値をRAM28に2次元配列データ $[i, j]$ として格納する（ステップ304，305）。なお、対象物に照射されたビームの位置を計算し及び距離 $Z(i, j)$ の計算をセンサ20側で行うようにしてもよい。

【0021】

次に指標 i を「1」インクリメントし、X軸方向走査のミラーの偏差角度 θ_x を設定所定量 Δx だけ増加させ（ステップ306，307）、指標 i が設定値 n

を越えたか判断し（ステップ308）、越えてなければステップ303に戻り、該ステップ303からステップ308の処理を行い次の点の距離 $Z(i, j)$ を求める。以下、指標 i が設定値 n を越えるまでステップ303～ステップ308の処理を実行し、図8における点(1, 1)から点(1, n)までの各点における距離 $Z(i, j)$ を求めて記憶する。

【0022】

ステップ308で指標 i が設定値 n を越えたことが判別されると、指標 i を「1」にセットしかつ指標 j を「1」インクリメントして、Y軸方向走査のミラーの偏差角度 θ_y を設定所定量 Δy だけ増加させる（ステップ309～311）。そして、指標 j が設定値 m を越えたか判断し（ステップ312）、越えてなければステップ302に戻り前述したステップ302以下の処理を実行する。

【0023】

このようにして、指標 j が設定値 m を越えるまでステップ302～312の処理を繰り返し実行する。指標 j が設定値 m を越えると、図8に示す計測範囲（走範囲）を全て計測したことになり、RAM28には、2次元配列データである距離データ $Z(1, 1) \sim Z(m, n)$ が記憶され、画像データ取得処理は終了する。

【0024】

以上が、距離データを測定できる視覚センサによる画像データとしての2次元配列データを取得する処理である。こうして得られた2次元配列データを画像データとして用い、教示モデルの作成及び対象物の位置、姿勢（方向）を検出する。

【0025】

次に、教示モデルを教示する動作処理について説明する。図5は、本発明を構成するロボット制御装置10、画像処理装置30による教示モデルの教示の動作処理を示すフローである。

ロボット制御装置10の教示操作盤4から予め、教示モデルのために所定位置に所定姿勢で配置された基準となる1つのワークピースWに対して、ロボット手首先端に取り付けられた第1のデータ取込み手段としてのCCDカメラ21で撮像する最初（第0番目）の位置、方向（姿勢）と、次以降に撮像する位置、方向

(姿勢) を特定するため該最初の位置姿勢からカメラを回転させる回転軸と回転角を設定し、かつ、その撮像位置、方向(姿勢)の数Nをも設定する。例えば、図2に示すようにワークピースWに対して4方向から撮像しこの4つの2次元画像を教示モデルとする。図2(a)に示す第0番目の撮像位置、方向(姿勢)では、ワークピースWを真上のワールド座標系Z軸方向から撮像した2次元画像の教示モデルである。次の撮像位置、方向(姿勢)は、このカメラ位置において、ワークピースの配置位置を通りCCDカメラ20の光軸方向に対して垂直方向の軸周りに回転させる回転角を設定する。最初(第0番目)の位置、方向(姿勢)でワールド座標系のZ軸とCCDカメラ21の光軸を平行とした場合には、ワールド座標系のX軸、Y軸は垂直であるから、このうちどちらかの軸周りにワークピース位置(ワークピースに対して設定されているワーク座標系の原点)を中心に回転させる。図2(b)に示す例では、ワールド座標系X軸まわりに30度回転するものとして設定し、そのとき撮像して得られる2次元画像から教示モデルを生成するものである。同様に、図2(c)、(d)は、ワークピースの配置位置を通りワールド座標系のX軸と平行な軸周りにカメラ21をそれぞれ60度、90度回転させたときの2次元画像から教示モデルを生成するものである。上述したように、カメラ21の位置が変わらず、その方向(姿勢)のみを変えて教示モデルを生成するものである場合は、教示モデルに対して記憶する情報はカメラの方向(姿勢)のみでよい。

【0026】

以下、この4つの教示モデルを得るものを例に取り説明する。なお、この例では、0度、30度、60度、90度の4つの教示モデルとしたが、この回転角の刻みを小さくし、さらに多くの教示モデルを得るようにしておけば、さらに精度のよいワークピースの位置姿勢を検出することができる。

【0027】

上述したように、ロボット手首先端に取り付けたCCDカメラ21で最初(第0番目)に撮像するロボットの位置姿勢と回転中心軸となる軸及び回転角を教示し、かつその数Nを設定する。説明をわかりやすくするために、所定位置に所定姿勢で配置されたワークピースWに対し、CCDカメラ21の光軸がワールド座

標系のZ軸と平行で、ワークピースWのワールド座標系上のX、Y軸座標値と同一でZ軸のみが異なる位置を第0番目の教示モデル撮像位置として教示し、さらに、ワークピースWの配置位置を通り、ワールド座標系X軸と平行な軸周りに30度、60度、90度回転させた位置を第1、第2、第3の撮像位置として設定する。又撮像位置の数Nを「4」と設定する。

【0028】

そして、教示モデル取得指令を教示操作盤4から入力すると、ロボット制御装置10のプロセッサ1は、撮像回数を係数するカウンタMを「0」にセットし（ステップ100）、ロボットを稼働し第M（=0）番目の位置姿勢に移動させ、画像処理装置30へカメラでの撮像指令を出力する（ステップ101）。画像処理装置30では、この指令を受けてCCDカメラ21でワークピースを撮像し、その2次元画像をフレームメモリ36に格納するが、さらに、この2次元画像からM番目の教示モデルを生成して不揮発性メモリ37に格納する（ステップ102）。さらに、CCDカメラ20とワークピースとの相対位置、方向（姿勢）を求めM番目の教示モデルの相対位置、方向（姿勢）（なお、この相対位置姿勢を以下第1センサ相対位置姿勢という）として（なお、この相対位置姿勢を以下第1センサ相対位置姿勢という）、不揮発性メモリ37に記憶する（ステップ103）。すなわち、撮像を行ったときのワールド座標系上のCCDカメラ21の位置姿勢とワークピースWが配置されたワールド座標系の位置姿勢より、CCDカメラ21に設けられたカメラ座標系でのワークピースの位置姿勢に変換し、これをカメラとワークピースとの相対位置姿勢（第1センサ相対位置姿勢）として記憶する。例えば、カメラ座標系の位置姿勢として $[x_0, y_0, z_0, \alpha_0, \beta_0, \gamma_0]c$ として記憶される。なお α 、 β 、 γ はそれぞれx、y、z軸周りの回転角を意味する。又、かっこの末尾に付した「c」はカメラ座標系を意味する。又上述したように、カメラの位置が変わらなければ、第1センサ相対位置姿勢として、位置は固定のものとし、方向（姿勢） $[\alpha_0, \beta_0, \gamma_0]c$ のみを教示モデルに対応させて記憶する。

【0029】

次に、次の作業のためにワークピースから見たロボットのとるべき相対位置姿

勢（ツールセンタポイントの位置姿勢）、若しくは、第2の視覚センサである3次元視覚センサ22のとるべき相対位置姿勢を第M番目の教示モデルの相対位置姿勢（以下この相対位置姿勢をワークロボット（第2センサ）相対位置姿勢という）として記憶する。そして、データ取得信号をロボット制御装置に送る（ステップ104）。このワークロボット（第2センサ）相対位置姿勢は、ロボットが次に作業するための作業方向を決めるもので、対象物をより明確に捕らえることができる方向、位置、又は、対象物の特徴部位の3次元位置をこの3次元視覚センサ22で取得できる方向、位置とするものである。

【0030】

このワークロボット（第2センサ）相対位置姿勢は、ワークピース上にワーク座標系を設定し、このワーク座標系上でのツールセンタポイント又は3次元視覚センサ22の位置姿勢であり、この位置姿勢を設定するものである。なお、移行の説明では、3次元視覚センサ22の位置姿勢が記憶されているものとして、説明する。この3次元視覚センサ22でワークピースWの位置姿勢を計測する際に、3次元視覚センサ22がワークピースに対する位置姿勢を規定するものであり、計測時のアプローチベクトルを示すものとなる。このワークロボット（第2センサ）相対位置姿勢は、教示モデルによらず、全て同一の位置姿勢であってもよい。又、方向（姿勢）のみであってもよい。さらには、ステップ103で求めた情報を反映させるように、例えば、予め用意した数パターンの中から決定するようにしてもよい。このワークロボット（第2センサ）相対位置姿勢も3個の平行移動成分（X、Y、Z）wpと3個の回転成分（ α 、 β 、 γ ）wpで構成される（「wp」はワーク座標系を意味する）。なお、後述するように、この実施形態では、全ての教示モデルに対して共通のワークロボット（第2センサ）相対位置姿勢を設定するようにしている。なお、ステップ103、104で記憶する情報は1まとめにしてCCDカメラ21の位置から見た第2の視覚センサ22の相対位置姿勢情報としてもよい。

【0031】

次に、データ取得信号を受信するとロボット制御装置10のプロセッサ1は、カウンタMを「1」インクリメントし（ステップ105）、該カウンタMの値が

設定値N (= 4) より小さいか判断し (ステップ 1 0 6)、小さければ、ステップ 1 0 1 に戻り第M番目の撮像位置、方向 (姿勢) にロボットを移動させる。以下、ステップ 1 0 1 以下の処理をカウンタMの値が設定値Nになるまで繰り返し実行する。

【 0 0 3 2 】

こうして、各教示モデルが不揮発性メモリ 3 8 に記憶されると共に、それぞれの第 1 の視覚センサの CCD カメラ 2 1 とワークピースWとの相対位置姿勢である第 1 センサ相対位置姿勢が不揮発性メモリ 3 8 に記憶されると共に、第 2 視覚センサ 2 2 (若しくはロボット) のとるべき位置姿勢としてワークロボット (第 2 センサ) 相対位置姿勢が不揮発性メモリに 3 8 に記憶されることになる。

【 0 0 3 3 】

図 7 は、詳述した教示モデルが 4 つの場合の例で、第 1 センサ相対位置姿勢、ワークロボット (第 2 センサ) 相対位置姿勢の例を示す図表である。

第 1 センサ相対位置姿勢は、CCD カメラ 2 1 に設定されたカメラ座標系 (X、Y、Z、 α 、 β 、 γ) c でのワークピースWの位置姿勢として表されており、ワークピースWの位置、すなわち教示モデル 0 ~ 3 の位置は、全て共通で X = 1 0 . 5 0、Y = - 2 0 . 8 0、Z = 5 0 . 5 0 の位置に配置され、X 軸周りに教示モデル 0 は $\alpha = 0$ 度、教示モデル 1 は $\alpha = 3 0$ 度、教示モデル 2 は $\alpha = 6 0$ 度、教示モデル 3 は $\alpha = 9 0$ 度回転したものである。なお、CCD カメラ 2 1 をワーク座標系の原点を中心にワールド座標系の X 軸周りに回転させたものであるが、このワールド座標系の X 軸とカメラ座標系の X 軸を平行に設定していることから、カメラ座標系の回転角 α のみ変化している。

【 0 0 3 4 】

又、ワークロボット (第 2 センサ) 相対位置姿勢は、ワークピースに設定されたワーク座標系 (X、Y、Z、 α 、 β 、 γ) wp での第 2 の視覚センサ 2 2 の位置姿勢として表され、ワークピースWから見て常に一定の方向位置としたアプローチベクトル (3 0 . 5、2 0 . 5、6 0 . 9、0 . 0、0 . 0、0 . 0) wp が設定されている。

【 0 0 3 5 】

以上のようにして、画像処理装置 30 の不揮発性メモリ 37 には教示モデルとカメラ 21 とワークピース W との相対位置が記憶される。なお、上述した実施形態では、ロボットを使用して教示モデルを教示記憶させたが、ロボットを使用せず、例えば手動操作で教示記憶させるようにしてもよい。この場合は、対象物 3 次元位置姿勢検出装置 30 に接続されているカメラの視野内に基準となるワークピースを配置し、このワークピースの姿勢を変え、カメラで撮像しその 2 次元画像を教示モデルとし、そのときのカメラとワークピースの相対位置姿勢を手動で入力して教示モデルに対応させて記憶させるようにすればよい。

【0036】

次に、このように教示モデルが設定記憶されている画像処理装置 30 を用いて、3 次元で位置姿勢の異なる対象物のワークピースの 3 次元位置姿勢を検出する方法の例として、教示モデルの基準のワークピースと同一形状のワークピースが山積みされた山からロボットによって個々のワークピースを取り出すピッキング作業について説明する。

【0037】

図 6 は、この教示モデルを用いて実行するピッキング作業の動作処理フローである。

ロボット制御装置 10 に教示操作盤等からピッキング指令が入力されると、プロセッサ 1 は、まず、教示されているロボット先端手首に取り付けられている第 1 の視覚センサの CCD カメラ 21 を山積みされたワークピースが該 CCD カメラ 21 の視野に入る撮像位置へロボットを移動させ、該 CCD カメラ 21 のワールド座標系上の 3 次元位置姿勢を画像処理装置 30 へ出力すると共に撮像指令を出力する（ステップ 200、201）。画像処理装置 30 のプロセッサ 31 は、撮像指令を受信し、ワークピースの山を撮像し幾つかのワークピースの 2 次元画像を得てフレームメモリ 37 に記憶する（ステップ 202）。

【0038】

続いて、フレームメモリ 37 に記憶した 2 次元画像に対して不揮発性メモリ 38 に設定記憶されている教示モデルの 1 つ（第 0 番目の教示モデル）を使用してパターンマッチング処理を行いワークピースの検出を行う（ステップ 203）。

このパターンマッチング処理では、ワークピースの画像内の位置、回転及びスケールの変化を検出するマッチング処理を行う。そして、マッチング値が設定基準値以上のものが検出されたか判断し（ステップ204）、基準値以上のものが検出されなければ、全教示モデル（第0～第3番目の教示モデル）に対してパターンマッチング処理を行ったか判断し（ステップ205）、行っていないければ、他の教示モデルによりパターンマッチングの処理を行う（ステップ206）。

【0039】

こうして、ステップ204で、いずれかの教示モデルに対してマッチング値が設定基準値以上のワークピースの2次元画像が検出されると、この検出したワークピースの2次元画像に対して他の教示モデルで全てマッチング処理を行う。すなわち、検出されたワークピースの2次元画像に対して、設定記憶されている教示モデルの全てとパターンマッチング処理を行う（ステップ207）。このパターンマッチング処理によって得られたマッチング値が一番高い教示モデルを選択し、この選択教示モデルに対応して記憶する第1センサ相対位置姿勢と、選択した教示モデルに対するマッチング処理での2次元画像内の位置、回転及びスケールの変化量とにより最終的なCCDカメラ21とワークピースWとの相対位置姿勢である第1センサ相対位置姿勢データを得る。又、選択した教示モデルに対するワークロボット（第2センサ）相対位置姿勢のデータ（アプローチベクトル）、すなわち、ワークピースから見て第2視覚センサの3次元センサがとるべき位置姿勢を不揮発性メモリ37から読み取る（ステップ208）。

【0040】

なお、ここではマッチング値が一番高いものを選択したが、0度の教示モデルを優先的に選択したり、スケールの拡大率の高いもの（即ち、カメラに近いもの）であり、山積みの最上部にあるもの）を優先的に選択することができる。

【0041】

そして、ステップ201の処理で送られてきたCCDカメラ21のワールド座標系における位置姿勢と最終的な第1センサ相対位置姿勢データ（ワークピースとCCDカメラ21の相対位置姿勢データ）からワークピースのワールド座標系上の位置姿勢を求める。すなわち、ワークピースWとCCDカメラ21の相対位

位置姿勢は、カメラ座標系からみたワークピースWの位置姿勢であるから、この位置姿勢のデータと、CCDカメラ21のワールド座標系における位置姿勢のデータにより座標変換の演算を行うことによりワールド座標系上の検出ワークピースWの位置姿勢が求められる（ステップ209）。

【0042】

こうして求められた検出ワークピースのワールド座標系上の位置姿勢と、ワークロボット（第2センサ）相対位置姿勢のデータ（アプローチベクトル）の第2視覚センサのワーク座標系における位置姿勢のデータ（アプローチベクトル）よりワールド座標系における第2視覚センサのとるべき位置姿勢を求め出力する（ステップ210）。ロボット制御装置10のプロセッサ1は、ロボットを動作させ、この求めた第2視覚センサがとるべき位置姿勢へ移動させる。その後、第2視覚センサ22への計測指令を出力する（ステップ211）。

【0043】

この計測指令を受けて、第2視覚センサの3次元センサ22は、ワークピースの位置姿勢を計測する。この第2視覚センサ22は対象ワークピースWに対してとるべき位置姿勢、すなわち設定されているアプローチベクトルの位置姿勢にあるから、対象ワークピースWの位置姿勢を正確に計測することができる。この計測結果を画像処理装置30のプロセッサ31はロボット制御装置10に出力する（ステップ212）。

【0044】

ロボット制御装置10は、ロボットを動作させ従来と同様にこの検出ワークピースをピッキングして教示された所定の位置に移動される（ステップ213）。そして、ステップ202に戻り、ステップ202以下の処理を繰り返し実行する。

全てのワークピースがワークピースの山からピッキングされなくなると、ステップ203～206の処理で、全ての教示モデルに対してパターンマッチング処理をしても設定基準値以上のマッチング値を得ることができないから、このピッキング作業は終了する。

【0045】

なお、山積みされたワークピース全体を第1の視覚センサのCCDカメラ21の視野に入らないような場合や、カメラの向きを変更して他のワークピースの影に入ったワークピースを撮像する必要がある場合には、ステップ205で「Yes」と判断された時、ステップ200に戻り、予め教示していた次の位置姿勢に移動するようにしてもよい。そして、設定教示されている第1視覚センサによる撮像位置姿勢の全てにおいて撮像し、ステップ205で全教示モデルでのマッチングを行ってもマッチング値が基準値に達しない場合にこのピッキング作業を終了する。

【0046】

上述した実施形態では、正確にワークピースの位置姿勢を正確に検出するために第2の視覚センサとして、レーザセンサのような3次元センサ22を用いたが、この3次元センサの代わりに2次元センサを用いてもよい。又、この第2の視覚センサを2次元センサとした場合には、第1の視覚センサのとは別に第2の視覚センサを設けてもよいが、第1の視覚センサがこの第2の視覚センサを兼ねるようにしてもよい。

【0047】

すなわち、ワークピースの山の中から、第1の視覚センサで個々のワークピースの位置姿勢を検出し、この検出ワークピースに対して、第2の視覚センサで予め決められた位置姿勢（アプローチベクトル）で位置姿勢の計測を行うことから、第2の視覚センサで計測する場合には、対象物のワークピースに対して間近な位置で計測してその計測精度を向上させるものであるから、第1の視覚センサが第2の視覚センサを兼ねたとしても、この視覚センサの例えばCCDカメラで対象物のワークピースの間近で撮像し、マッチング処理を行えばワークピースの位置姿勢は正確に検出できることになる。

【0048】

又、第1の視覚センサであるCCDカメラに広角レンズを取り付けて撮像する場合において、例えば、0度の向きのワークピースが画像視野の角にある場合には、視差の影響で30度傾いていると判断する恐れがある。この場合には、画像内のワークピースの位置に応じてロボット手先に取り付けたカメラを平行移動し

て、該ワークピースの真上に位置させ視差の影響をなくし、その位置を図6のステップ200の位置とすることにより誤判断を防ぐこともできる。

【0049】

さらに、上述した実施形態では第1の視覚センサを、ロボット手首先端に取り付けるとしたが、これを上方に固定した固定カメラとすることもできる。こうすると、カメラ距離を長く取ることができ、視差の影響を防ぐことができる。又、第1の視覚センサで撮像するために、ロボットを動かす必要のないので、サイクルタイムを短縮できる。

【0050】

又、上述した実施形態では、1種類の対象物を扱う例を示したが、これを複数種類の対象を扱えるようにすることもできる。

この場合、種類Aの対象物の教示モデルを M_a 個、種類Bの対象物の教示モデルを M_b 個用意し、 $(M_a + M_b)$ 個の教示モデルとのマッチングを行って適合する教示モデルを選択し、ロボットの作業方向、又は作業方向及び作業位置に加えて、種類情報も求めるようにすればよい。こうすれば、複数種類の対象物を予め分別することなく、混在して扱えるので、省コスト効果がある。

【0051】

上述した実施形態では、第1のデータ取込み手段でおられた画像データから、対象物の大まかの位置姿勢を求め、この求めた対象物に対して、第2のデータ取込み手段で再度対しよう物の位置姿勢を正確に検出しロボットの作業方向、位置を決定するようにしたが、第2のデータ取込み手段を設けずに、第1のデータ取込み手段のみでロボットの作業方向、位置を求めるようにしてもよい。この場合、ワーカーロボット（第2センサ）相対位置姿勢として、ワークピースから見たロボットのとるべき相対位置姿勢（ツールセンタポイントの位置姿勢）が記憶されることになる。

【0052】

【発明の効果】

本発明においては、同一形状のワークピースが乱雑に山積みされていても、又、所定領域内に同一形状のワークピースが少なくとも1以上3次元的に異なる任

意の位置姿勢で収納されていても、さらには、種類の異なる対象物が混在していても、対象となる各ワークピースの位置姿勢を検出し、この検出ワークピースに対して、ロボットがこの対象物に対して作業を行う方向、位置を求めることができる。さらには、第2のデータ取込み手段で予め決められた位置姿勢（アプローチベクトル）で位置姿勢の計測を行うことから正確に対象ワークピースの位置姿勢を検出できる。そのため、ワークピースの山や集合から個々のワークピースをロボットで自動的にピッキングすることが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の一実施形態の概要を説明する説明図である。

【図 2】

同実施形態における教示モデルの例を示す図である。

【図 3】

同実施形態におけるロボット制御装置の要部ブロック図である。

【図 4】

同実施形態における画像処理装置の要部ブロック図である。

【図 5】

同実施形態における教示モデルを生成する動作処理フローである。

【図 6】

同実施形態を用いたピッキング作業の動作処理フローである。

【図 7】

同実施形態における教示モデルが4つの場合の例で、第1の視覚センサから見たワークピースの相対位置姿勢、ワークピースから見た第2の視覚センサの相対位置姿勢の例を示す図表である。

【図 8】

本発明の一実施形態に用いる3次元視覚センサの動作説明図である。

【図 9】

同3次元視覚センサによって得る画像データとしての距離データを要素とする2次元配列データの説明図である。

【図 10】

同画像データとしての 2 次元配列データの取得処理のフローチャートである。

【符号の説明】

10 ロボット制御装置

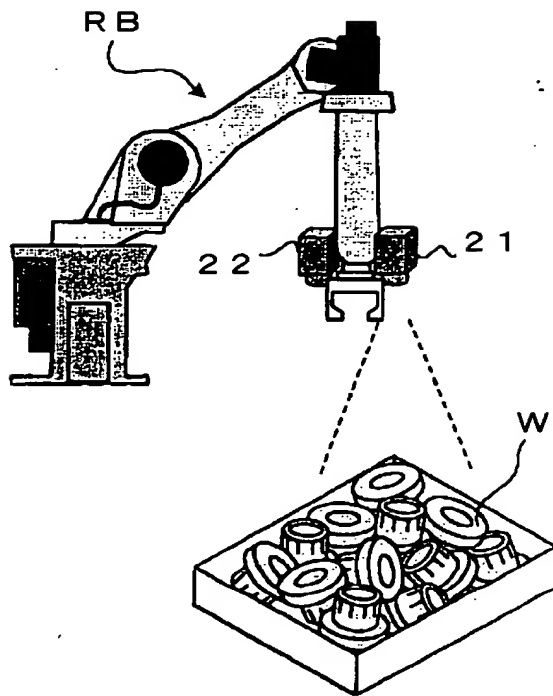
20 カメラ

30 画像処理装置

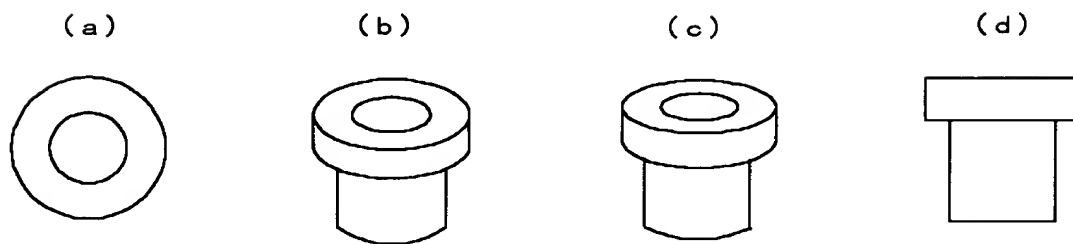
W ワークピース

【書類名】 図面

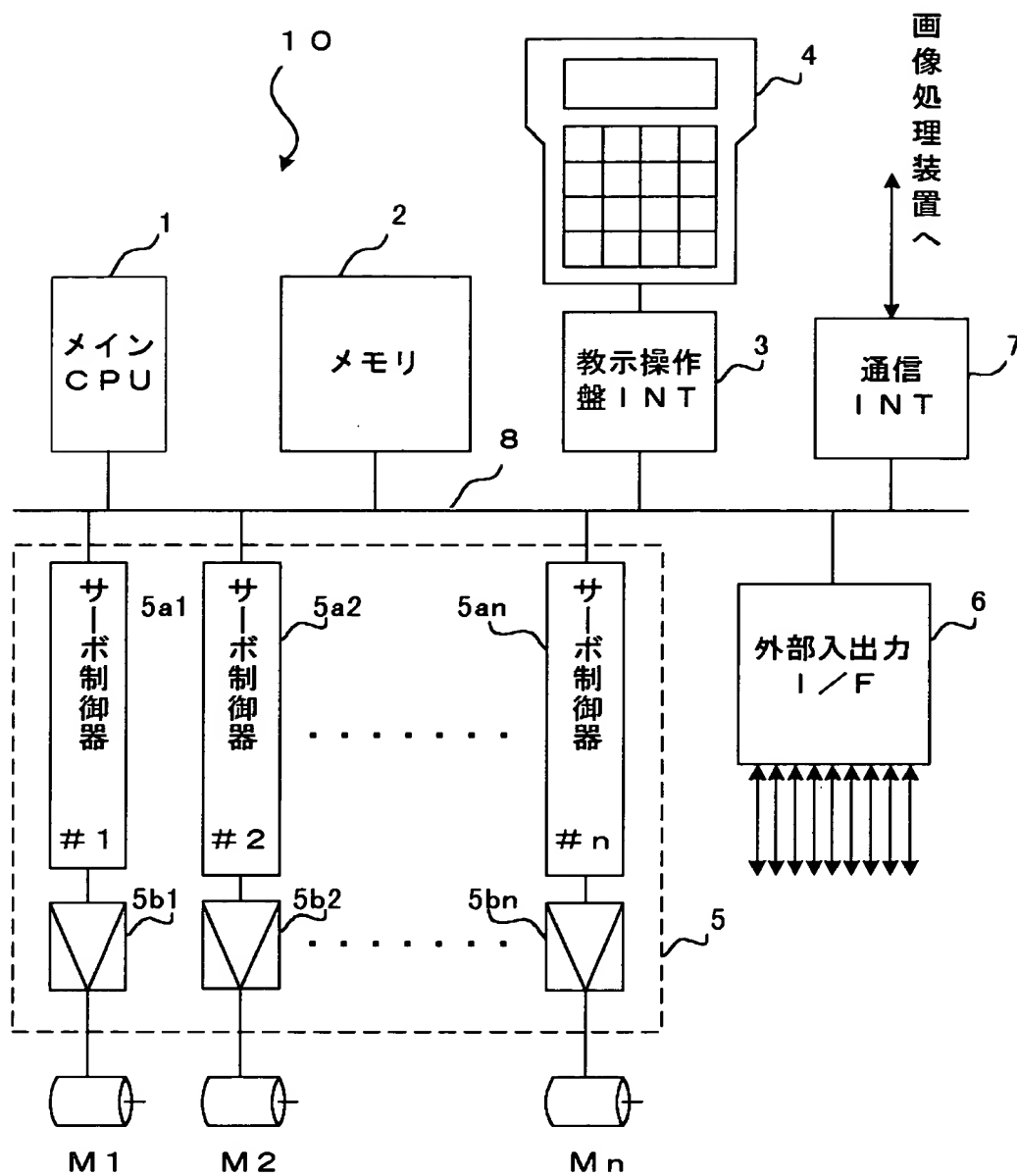
【図 1】



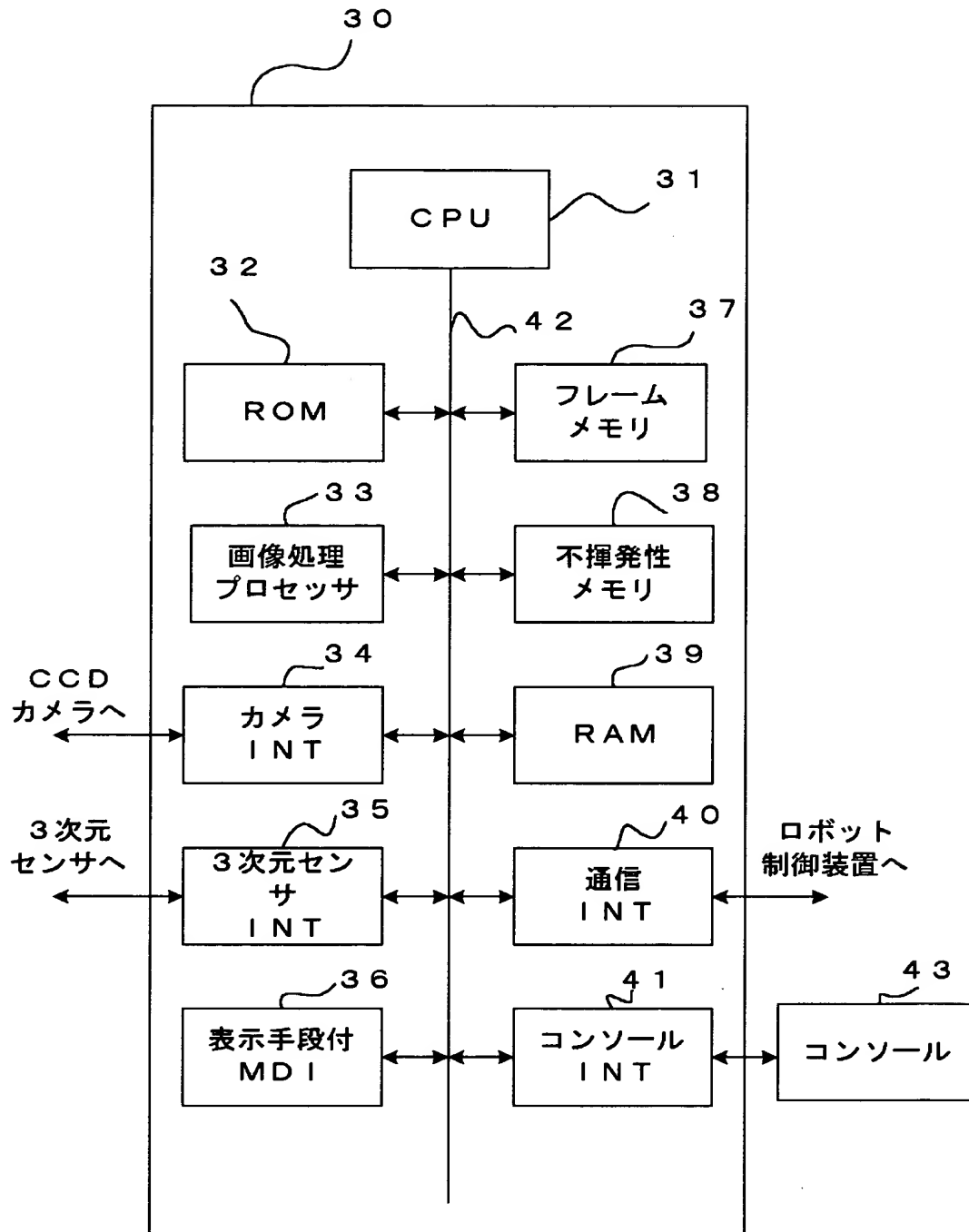
【図 2】



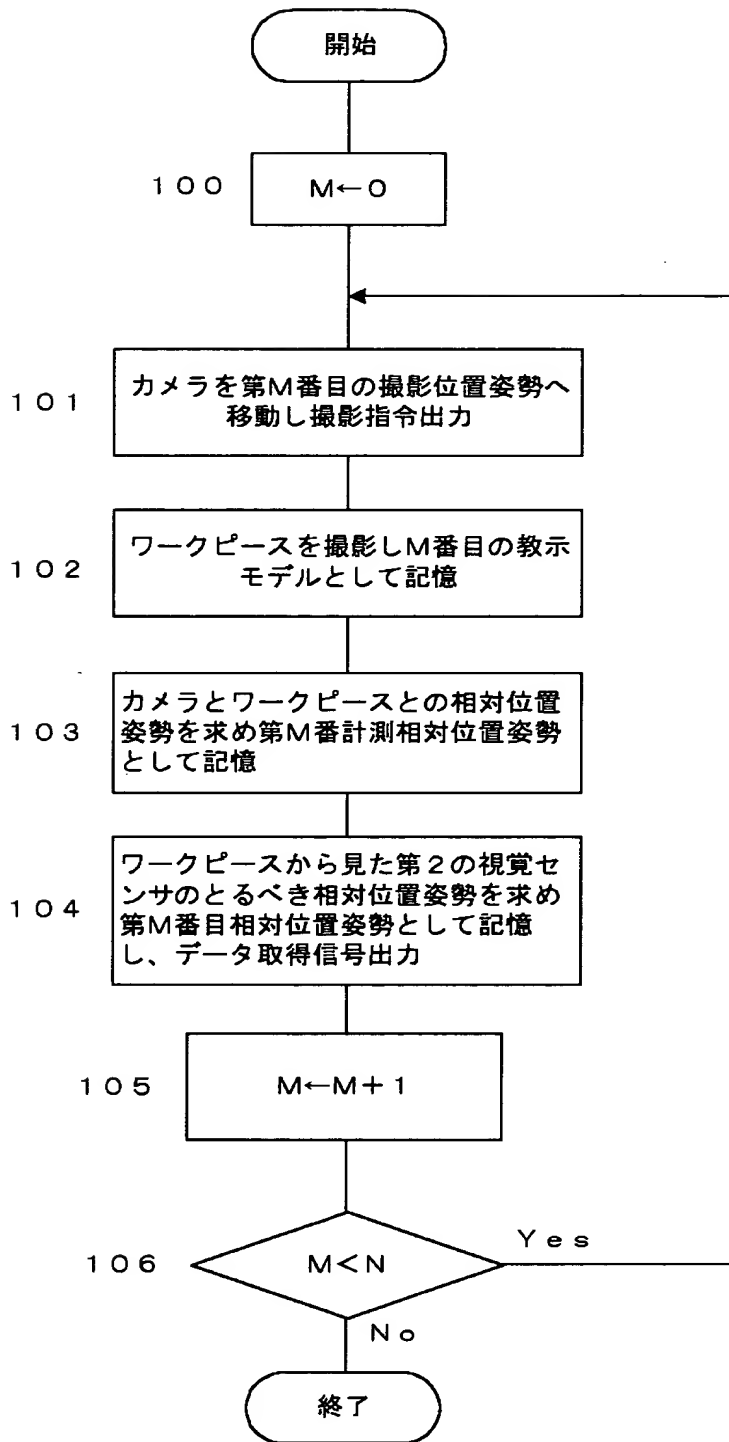
【図 3】



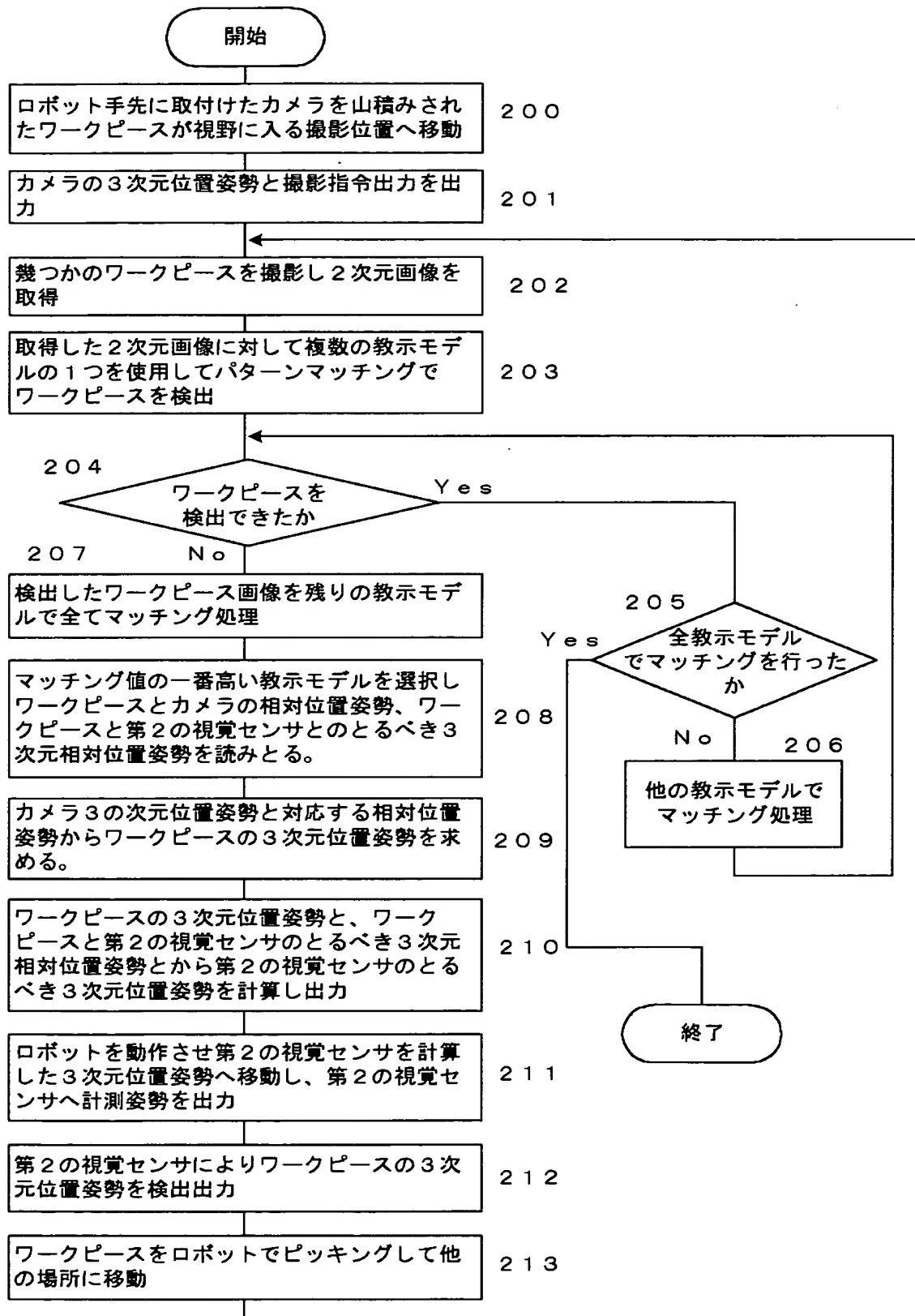
【図 4】



【図 5】



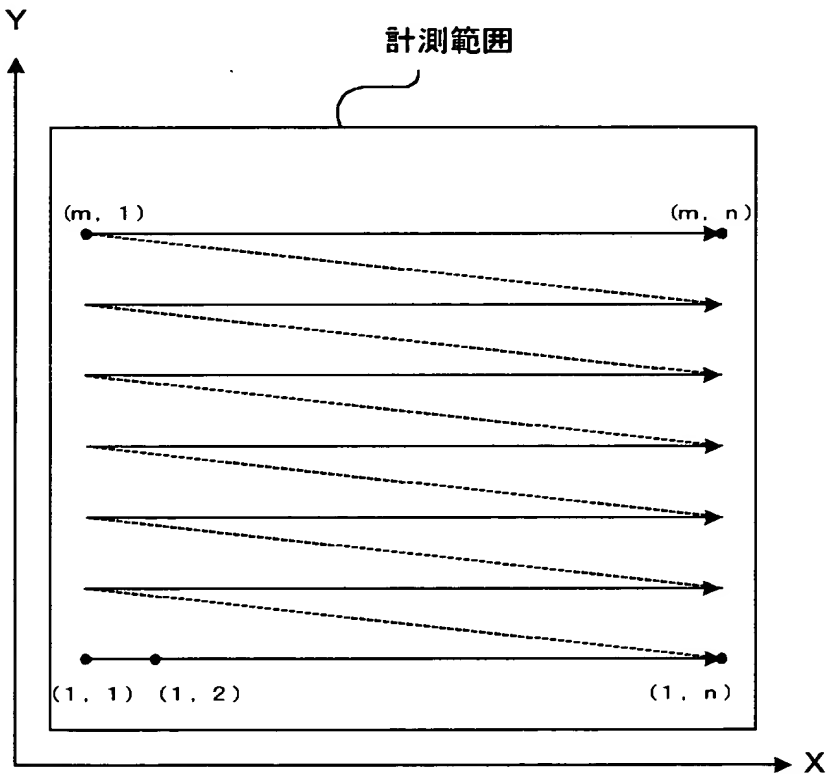
【図 6】



【図 7】

教示 モデル 番号 (M)	第 1 センサ相対位置姿勢 <カメラ位置から見たワークピース の相対位置姿勢> (X、Y、Z、 α 、 β 、 γ) _c	ワークロボット相対位置姿勢 <ワークピースから見た第 2 の視覚 センサの相対位置姿勢> (X、Y、Z、 α 、 β 、 γ) _{wk}
0	10.0, -20.8, 50.5, 0.0, 0.0, 0.0	35.5, 20.5, 60.9, 0.0, 0.0, 0.0
1	10.0, -20.8, 50.5, 30.0, 0.0, 0.0	35.5, 20.5, 60.9, 0.0, 0.0, 0.0
2	10.0, -20.8, 50.5, 60.0, 0.0, 0.0	35.5, 20.5, 60.9, 0.0, 0.0, 0.0
3	10.0, -20.8, 50.5, 90.0, 0.0, 0.0	35.5, 20.5, 60.9, 0.0, 0.0, 0.0

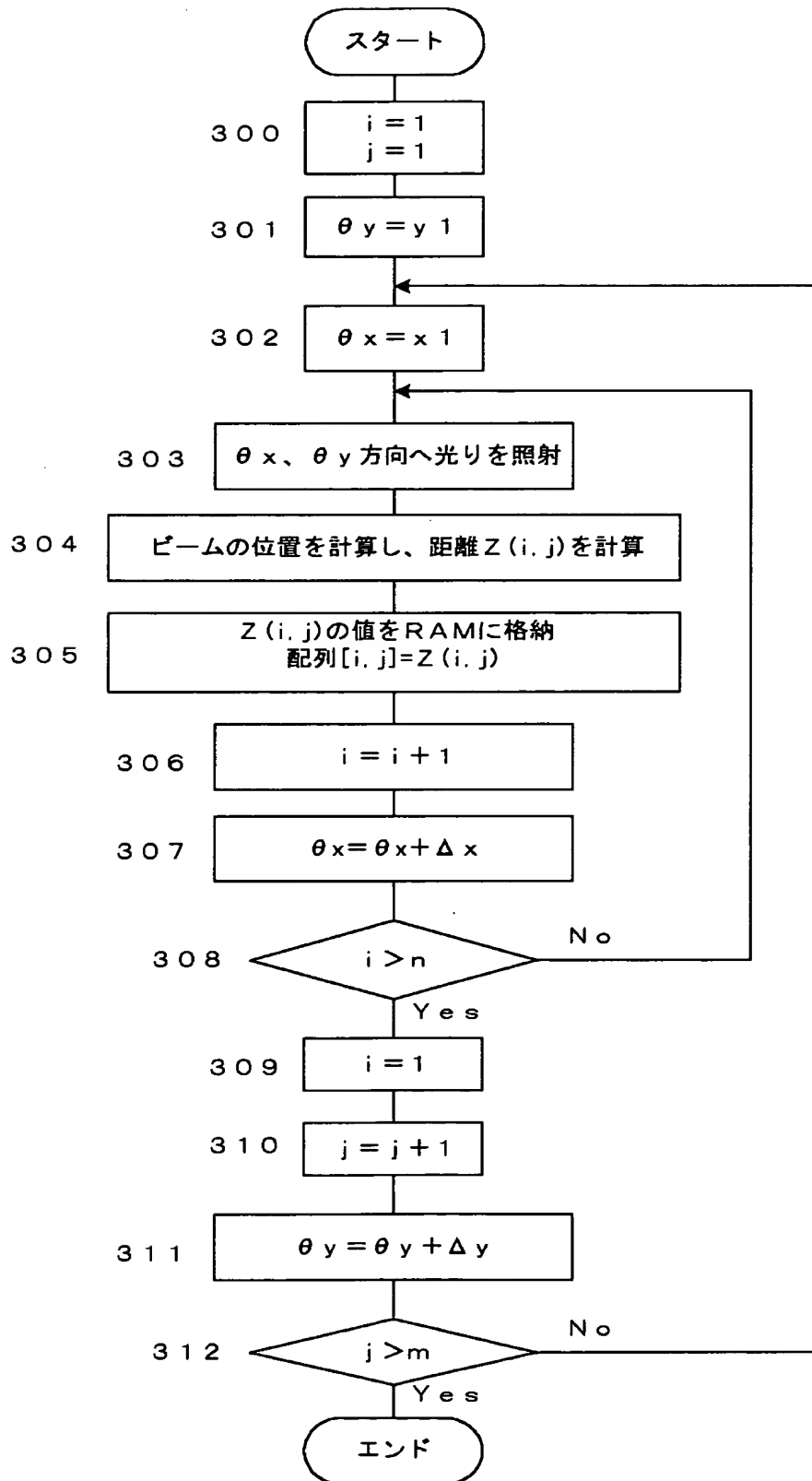
【図 8】



【図 9】

$Z(m, 1)$	...	...	...	...	$Z(m, n)$
...
...
...	...	$Z(i, j)$	...	...	...
...
$Z(1, 1)$	$Z(1, 2)$	...	...	...	$Z(1, n)$

【図 10】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 山積みされた同一形状の対象物（ワークピース）の個々の位置姿勢を検出し、適したロボット作業方向、位置を得る。

【解決手段】 ワークピースを複数の方向から撮像した 2 次元画像から教示モデルを生成して記憶する。ワークピースに対するカメラ相対位置姿勢、ワークピースに対してとるべき第 2 の視覚センサ相対位置姿勢を教示モデルに対応して記憶する。カメラでワークピースの山を撮像した画像とマッチング値の高い教示モデルを求める（202～207）。求めた教示モデルのカメラ相対位置姿勢と山撮像時のカメラの位置姿勢よりワークピースの 3 次元位置姿勢を得る（208, 209）。この位置姿勢と第 2 の視覚センサ相対位置姿勢により第 2 視覚センサの計測位置姿勢を求め、その位置に移動させ第 2 の視覚センサで計測する（210～212）。計測結果に基づきワークピースをロボットでピッキングする（213）。

【選択図】 図 6

認定・付加情報

特許出願の番号	平成11年 特許願 第101891号
受付番号	59900334825
書類名	特許願
担当官	第三担当上席 0092
作成日	平成11年 4月12日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成11年 4月 8日
-------	-------------

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [390008235]

1. 変更年月日	1990年10月24日
[変更理由]	新規登録
住 所	山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地
氏 名	ファナック株式会社